



VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA

HORNICKO – GEOLOGICKÁ FAKULTA
INSTITUT ENVIRONMENTÁLNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Potenciální možnosti využití důlních vod při hydrické rekultivaci lomu Medard

Possible ways of minig waters utilization in hydrologic reclamation of open pit Medard

Autor:

Vedoucí diplomové práce:

Bc. Libuše Zechnerová

Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Libuše Zechnerová**
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904T022 Zpracování a zneškodňování odpadů
Téma: **Potenciální možnosti využití důlních vod při hydrické rekultivaci lomu Medard**
Possible ways of mining waters utilization in hydrologic reclamation of open pit Medard

Zásady pro vypracování:

1. Charakteristika důlních vod obecně, možnosti úpravy důlních vod, podmínky pro vypouštění důlních vod do recipientu
2. Historie a současnost lomu Medard
3. Současný stav z hlediska nakládání s důlními vodami v lomu Medard a v lomu Jiří
4. Složení vod přiváděných do lomu Medard
5. Příprava směsných vzorků-příprava vzorků v různých poměrech přiváděných vod
6. Sledování kvality směsných vzorků
7. Výběr vhodného poměru zastoupení jednotlivých vod s ohledem na využití zrekultivovaného lomu Medard pro koupání

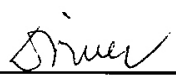
Seznam doporučené odborné literatury:

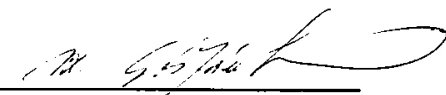
Pitter, P: Hydrochemie, 2.vydání, Praha, VŠCHT, 1999 ISBN 978-80-7080-701-9.
Grmela, A.: Problematika důlních vod a ochrana kvality povrchových vod při jejich vypouštění, Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské-Technické univerzity Ostrava, Řada hornicko-geologická, ročník 45, č.3. 1999.
Heviánková, S.,Bestová, I., Zechner, M.:Možnosti úpravy důlní vody na ÚDV Svatava, Sokolov. Hnědé uhlí, 2009.
Nařízení vlády ČR č.229/2007 Sb. "Ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod".

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2009
Datum odevzdání: 15.04.2010


prof. Ing. Vojtech Dimer, CSc.
vedoucí institutu


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc.,Dr.h.c.
děkan fakulty



SOKOLOVSKÁ UHELNÁ, právní nástupce, a. s.

Staré náměstí 69, 356 00 SOKOLOV
(zápis do obchodního rejstříku u Krajského soudu v Plzni
v oddílu B ve vložce 980)

Vážená paní
Bc. Libuše Zechnerová
Citice 15
356 01 SOKOLOV

VÁŠ DOPIS ZNAČKY/ZE DNE

NAŠE ZNAČKA
TŘ/19/2010

VYŘIZUJE/LINKA
ing. Pöpperl/2111

SOKOLOV
30. března 2010

Souhlas s publikováním výsledků

Vážená paní,

souhlasím s publikováním výsledků poskytnutých Sokolovskou uhelnou ve Vaší
diplomové práci.

S pozdravem



SOKOLOVSKÁ UHELNÁ,
právní nástupce, a.s.
SOKOLOV
356 00 Sokolov, Staré náměstí 69

ing. Jiří Pöpperl
technický ředitel

TELEFON
Sokolov
352461111

IČO
26348349

E-mailová adresa
popperl@suas.cz

FAX
352621038

Bankovní spojení
ČSOB Praha
č.ú. 17331033/0300

Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu
- byla jsem seznámena s tím, že na mojí diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst.3)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v záznamu o závěrečné práci, umístěné v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)

V Ostravě dne 15.4.2010

Bc. Libuše Zechnerová

Anotace

Úkolem diplomové práce je zjištění poměru důlních vod a vod z řeky Ohře pro napouštění jezera Medard. Využitím důlních vod z ČS Lomnice a ČS Rafanda se omezí vývoj sinic, které mohou být v průběhu napouštění zbytkové jámy přiváděny vodou z řeky Ohře. Vzorky vod byly smíchány ve zvolených poměrech, byly podrobeny chemické analýze a výsledky kvalitativních parametrů byly porovnány s přílohou č. 3 k Nařízení vlády č. 229/2007 Sb. „Imisní standardy ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod“. Voda v napouštěném jezeře by měla odpovídat limitům pro koupání a rekreaci.

Klíčová slova : desulfatace, důlní voda, srážení síranů, mangan, odmanganování, neutralizace, oxidace, úprava vod, železo, odželezování,

Annotation:

The target of the diploma paper is to find out the proportion between mine water and water from river Ohře for the lake Medard watering. By using of mine water from pumping stations Lomnice and Rafanda the development of the anabaena, that can be fed to the residual pit during watering from river Ohře, will be reduced. The samples of the water were blended in the selected ratio and the chemical analyses were carried on. The results were compared with appendix No 3 of the Government Regulation No 229/2007 “Pollution standards of the indicators of the allowable surface waters pollution”. The water in the lake should respond to limits for bathing and recreation.

Key words: desulphation, mine water, sulfate, manganese, manganese removal, neutralization, oxidation, Water treatment, iron, iron

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat, SU,a.s., právní nástupce za poskytnutí materiálů, vedoucí diplomové práce Ing. Silvii Heviánkové, PhD., za trpělivost, cenné připomínky a rady při zpracování této diplomové práce.

Obsah:

Anotace	5
Klíčová slova	5
Annotation:	5
Key words:	5
Seznam symbolů a použitých zkratk	8
Teoretická část	9
1. Úvod.....	9
2. Historie a současnost lomu Medard	10
3. Charakteristika důlních vod obecně.....	13
3.1 Historie pojmu „důlní vody“	13
3.2 Vznik důlních vod.....	14
3.2.1 Zdroje důlních vod.....	14
3.3 Dělení důlních vod.....	16
3.3.1 Salinní důlní vody	16
3.3.2 Důlní vody s vysokým obsahem síranů.	17
3.4 Možnosti úpravy kyselých důlních vod	18
3.4.1 Neutralizace	18
3.4.2 Odmanganování	19
3.4.3 Desulfatace důlních vod – odstranění síranů	22
3.4.4 Možné postupy desulfatace důlních vod.....	23
3.5 Metody zpracování vzorků	27
3.5.1 Analýza chloridů titrací.....	27
3.5.2 Analýza manganu pomocí spektrofotometru (ASS) a železa	27
3.5.3 Analýza síranů – titrace Ba (ClO ₄) ₂	27
3.5.4 Metody na stanovení dusíků	28
3.5.5 Metody na stanovení fosforečnanů	28
3.5.6 Elektrometrická metoda na zjištění pH.....	29
3.5.7 Metody na zjištění :NL ₁₀₅ , RL ₁₀₅ , RAS, (ZŽ) _{NL}	29
3.5.8 CHSK _{Cr}	30
3.5.9 Konduktivita	30
3.6 Charakteristika důlních vod v lokalitě Sokolovské uhelné pánvi.....	30
3.7 Podmínky pro vypouštění důlních vod do recipientu	31
3.8 Využívání důlních děl a vod k rekultivaci krajiny.....	32
3.9 Přehled legislativy související s problematikou vod.....	34
Experimentální část.....	34
4. Současný stav z hlediska nakládání s důlními vodami	35
4.1 Přítoky do jezera Medard.....	36
5. Charakteristika důlních vod přiváděných do lomu Medard.....	37
Odběry vzorků	37
5.1 Objem a složení důlních vod.....	40
5.2 Příprava směsných vzorků v různých poměrech přiváděných vod.....	42
6. Sledování kvality směsných vzorků.....	44
7. Závěr	47
8. Seznam použité literatury	48
9. Seznam obrázků	50
10. Seznam tabulek	51
Přílohy.....	52

Seznam symbolů a použitých zkratk

c	koncentrace [mg.l^{-1}]
H ₂ O	voda
H ₂ SO ₄	kyselina sírová
HNO ₃	kyselina dusičná
Hg(NO ₃) ₂	dusičnan rtuťnatý
Ag NO ₃	dusičnan stříbrný
Ca(OH) ₂	hydroxid vápenatý
Na OH	hydroxid sodný
KCl	chlorid draselný
NaCl	chlorid sodný
CaCO ₃	uhličitan vápenatý
K ₂ CrO ₄	chroman draselný
NaHCO ₃	hydrogenuhličitan sodný
N	dusík
P	fosfor
As	arsen
Mn	mangan
Fe	železo
SO ₄ ⁻²	sírany
NL	nerozpuštěné látky [mg.l^{-1}]
RL	rozpuštěné látky [mg.l^{-1}]
CHSK _(Cr)	chemická spotřeba kyslíku dichromannovou metodou [mg.l^{-1}]
ZŽ	ztráta žiháním
DV	důlní voda
NM	napouštěcí místo
pH metr	přístroj pro zpracování Ph
AMD	acid mine water (kyselé důlní vody)
PE	polyetylén
c (SO ₄ ²⁻)	koncentrace síranů
c (Mn)	koncentrace manganu
c (Fe)	koncentrace železa
c (Al)	koncentrace hliníku
η	účinnost
ml	mililitry
ČSN	česká státní norma
EU	evropská unie
AMD	kyselé důlní vody
ČS	čerpací stanice

Teoretická část

1. Úvod

Diplomová práce se zaměřuje na vymezení pojmu důlních vod a jejich následné začlenění do rekultivace krajiny po těžbě a vzniku nového rekreačního komplexu s jezerem. Napouštěné jezero vzniká mísením přítoků důlních vod z ČS Rafanda, z ČS Lomnice a napouštěním z řeky Ohře a stálého přítoku z lomu Antonín.

Ve všech přiváděných a následně i promíchaných vodách ve vznikajícím jezeře Medard byly laboratorními zkouškami zjišťovány obsahy chloridů, síranů, dusičnanů, dusitanů, celkového dusíku, manganu, železa, fosforečnanů, pH, nerozpuštěné látky, rozpuštěné látky, konduktivita, CHSK_{Cr} a porovnávány s hodnotami danými současnými předpisy. Tyto předpisy jsou vymezeny podle Zákona č. 254/2001 Sb. (vodní zákon), Zákona o ochranně zdraví č. 258/2000 Sb. a Horní zákon č. 44/1988 Sb. a dalších souvisejících zákonech, vyhláškách a nařízeních podle EU.

Laboratorní experimenty s předmětnými vodami probíhaly s reálnými vzorky důlních a říční vod odebraných v napouštěcích místech Rafanda, Lomnice a Ohře.

Cílem diplomové práce bylo nalezení co nejoptimálnějšího poměru míchání daných vod napouštěného jezera z hlediska kvality pro možnost využití k rekreaci a koupání s cílem opětovného začlenění oblasti po těžbě hnědého uhlí do krajiny a obnovení ekologické rovnováhy území a rozšíření biodiverzity na tomto území.

2. Historie a současnost lomu Medard

Budoucí napouštěné jezero Medard se rozkládá v klínu území, které je ohraničeno obcemi Bukovany, Habartov, Svatava, Citice a Sokolov a řekami Ohří a Svatavou. Jezero se nachází severozápadně od města Sokolov. Jeho celková krajinná rozloha by měla být podle projektu 4382 ha a je to území bývalých uhelných dolů Rudolf, Adolf – Žofie, Nová Jáma (bývalý název Gustav), Felicián, Fischer, Antonín, Anežka, Josef a Medard – Libík.

Původně to byla poklidná zemědělská oblast, kde se pěstoval chmel a chovali sokoli od čeho získalo blízké město Sokolov svůj název. V období průmyslové revoluce zde začali vznikat továrny a to hlavně minerální továrny. Těžili se zde hlavně rudné nerosty a to hlavně markazit a pyrit, z kterých se vyráběla zelená a modrá skalice, kamenec a vitriolový kámen, který se hlavně používal k výrobě dýmavé kyselině sírové zvané taky oleum. Pro vytápění v továrnách se používalo uhlí, které zde bylo známo od 16. století a protože ho zde bylo hodně, byly zde postupně otvírány malé doly a lomy. V roce 1893 byl v této oblasti otevřen větší uhelný důl pojmenovaný podle blízkého kopce Hahneman, který byl později přejmenován na Felicián. Po I. Světové válce v roce 1919 byl u obce Svatava otevřen důl nový - Medard. Později byly otevřeny další doly Libík a Gustav.

Lomová těžba, která zde probíhala několik desetiletí změnila původní zemědělskou oblast a zůstala po ní pouze obrovská zející jáma. Základem vznikajícího jezera je tedy zbytková jáma po povrchové těžbě hnědého uhlí dvou lomů Medardu a Libíku k jejichž vzájemnému propojení došlo koncem 80.a začátkem 90 let mezi obcemi Sokolov, Bukovany a Habartov. Těžba hnědého uhlí zde byla ukončena v březnu roku 2000.

Území, které zde bylo dotčeno lomovou činností má rozlohu 1183 ha. Plán likvidace lomu Medard – Libík byl zpracován v roce 2001 na variantu jezera – vodní rekultivace s přilehlými oblastmi a rekultivací lesních, zemědělských a dalších přilehlých oblastí. V roce 2008 byly ukončeny sanační a stabilizační práce na utěsnění dna konečných svahů (boků), které byly utěsněny cyprisovými jílovci z lomu Družba pomocí důlní kolejové dopravy, zakladači a buldozery. Povrchové i podzemní vody z celého území nakumulované na dně lomu se čerpaly až do konce června 2008 čerpací stanicí Medard do úpravny důlních vod ve Svatavě a recipientu řeky Svatavy. Odstavením a následnou likvidací čerpací stanice Medard došlo k zahájení samovolného

napouštění podzemní a srážkovou vodou z přilehlého povodí jezera v množství cca 6,5 milionů m^3 za rok, což je průměrné množství čerpané z dolu Medard před rokem 2008. V roce 2008 se začal budovat jímací objekt se zpevněným kamenným kanálem do jezera s průtokem 4 miliony m^3 a bude sem směřovat přebytečné vody z řeky Ohře napouštěcím potrubím, které budou tvořit dvě potrubí o průměrech 1,4 m a dvě přečerpávací komory vedoucí pod železnicí a silnicí do obce Citice, spojující budované jezero Medard s řekou Ohří. Hlavním přítokem jezera budou srážky spadlé na hladinu a přilehlá povodí kde jsou nadprůměrné průtoky. Úbytkem vody je výpar z hladiny, který bude korigován z řeky Ohře přes Jímací objekt, ale podle studií by mělo být kolísání hladiny velmi malé. Po celou dobu i po napouštění bude probíhat monitoring podzemních vod hloubkovými vrty. Vzhledem k poměrně velké hloubce jezera by zde mělo probíhat samočištění a proto by mělo být budované jezero vhodné k rekreaci.

Morfologicky je území značně členité se střední nadmořskou výškou kolem 600 m.n.m. Sokolovsko tím pádem patří mezi oblast s největší nadmořskou výškou v Karlovarském kraji. Geologický podklad území je tvořen hlavně třetihorními sedimenty a v okrajových částech tvrdšími staršími horninami (svory a svorovými rulami), překrytými kvartérními zvětralinovými pláštěmi. Na těchto matečních materiálech vznikají pedogenetickými procesy typické kyselé půdy poskytující různé podmínky pro vegetaci.

Celková rozloha jezera je navržena na 493,44 ha s délkou 4000 m, šířkou přibližně 1500 m a hloubkou asi 50 m. Objem vody v jezeře má být cca 120 milionů m^3 . Nadmořská výška hladiny jezera by měla být 400 m n. m. Zdrojem napouštění je řeka Ohře, kde musí být zachován její minimální průtok $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dále vody z lomu Lomnice, do které jsou čerpány i vody z ČS J3 severních svahů lomu Jiří. Hlubiny dolu Jiří, které jsou čerpány přes ČS Rafanda z jižní strany lomu Marie. Je zde využito důlních vod hlavně z důvodu urychlení napouštění, zároveň má tato důlní voda zamezit rozvoji sinic přinášných z řeky Ohře. Protože jezero Medard nebude průtočné, bude zde i voda chudší na fosfor a další látky potřebné k rozvoji sinic na rozdíl od podobných vodních ploch jako je jezero Skalka a Jesenice u Chebu. Proto je i naplánované napouštění vodou z Ohře na měsíce s nižším výskytem sinici a tím pádem i menším ohrožením výskytu sinic v budoucím jezeře Medard. Množství použitých důlních vod a jejich míchání je závislé na dosažení horizontu 365m n.m. Testování množství použitých důlních vod a jejich poměr míchání s vodou z Ohře je předmětem předložené diplomové práce. Napouštěním díla důlními vodami dojde ke snížení stálých výtoků důlních vod z řezů,

ale nelze vyčíslit v jak velkém množství. Výhodou při napouštění díla důlními vodami patří rychlejší napuštění do dané kóty 365m n.m. a možnosti dřívějšího zahájení napouštění z řeky Ohře napouštěcím objektem, omezení výskytu kolonií sinic při snížení pH a tím i potlačení jejich reprodukce. Celková doba napouštění je naplánována na 3 roky. Jezero Medard se začalo napouštět 1.července 2009 a napuštěné by mělo být na přelomu roku 2011 až 2012.

3. Charakteristika důlních vod obecně

3.1 Historie pojmu „důlní vody“

První zmínky o důlních vodách je v Obecném horním zákoně číslo 146 z roku 1854. Zde bylo pamatováno na užívání povrchových vod, případně jiných důlních vod pro těžební organizaci.

O důlních vodách hovoří i zákon č. 57/1928 Sb., o zřízení a působnosti báňských úřadů, který uvádí, že: „Báňským hejtmánstvím přísluší v I. instanci (z agend v obecném horním zákonu vytčených)“ kromě jiného i: „propůjčovati důlní vody (§ 129 o.h.z.).“.

Postavení důlních vod bylo vymezeno i v československém horním zákoně č. 41 z roku 1957, o využití nerostného bohatství (horní zákon), tj. ještě před působností vodního zákona č. 138/1973 Sb.

Základní legislativní normou vymezujícím pojem „důlní vody“, která v současné době je platnou, je horní zákon z roku 1988, který v § 40 vymezuje důlní vody následujícím způsobem:

- Důlními vodami jsou všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.

Organizace je při hornické činnosti oprávněna :

- bezúplatně užívat důlní vody pro vlastní potřebu,
- bezúplatně užívat na základě povolení vodohospodářského orgánu důlní vodu jako náhradní zdroj pro potřebu těch, kteří byli poškozeni ztrátou vody vyvolanou činností organizace,
- vypouštět důlní vodu, kterou nepotřebuje pro vlastní činnost, do povrchových, popřípadě do podzemních vod a odvádět ji, pokud je to třeba, i přes cizí pozemky způsobem a za podmínek stanovených vodohospodářským orgánem a orgánem ochrany veřejného zdraví.

- Při použití důlních vod podle odstavce 2 písm.a) a b) je organizace povinná pečovat o důlní vody a hospodárně je využívat. Použití důlních vod k jiným účelům upravují zvláštní předpisy.
- K vypouštění jiných vod do důlních vod je třeba povolení vodohospodářského orgánu vydaného po dohodě s obvodním báňským úřadem.“. [1]

3.2 Vznik důlních vod

Důlní vody vznikají většinou jako výsledek různých poměrů mísení přírodních i antropogenních (umělých) zdrojů nebo které jsou součástí těžené suroviny, popř. jsou v podstatě pouze transportním médiem. Jsou tedy převážně vodami směsnými, resp. vodami se změněným chemismem, ať již v důsledku vyvolaného proudění, vlivem snížení původního tlaku, odplynění nebo vlivem zdržení ve starých důlních dílech apod.

To, že důlní vody jsou v podstatě podzemními a povrchovými vodami, jejichž vznik způsobila lidská činnost a dále skutečnost, že jsou svým vznikem vázány na jinak hospodářsky využívané objekty (důlní díla pro průzkum, otvírku nebo těžbu nerostných surovin), se velmi výrazně odráží v právní úpravě jejich posuzování a nakládání s nimi. Tato skutečnost se dotýká jak horního, tak i vodního zákona, včetně z nich vyplývající další legislativy. V současné době však v některých případech absentuje jejich větší vzájemná provázanost.

Důlními vodami jsou podle ustanovení § 40 odst. 1 zákona č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku, nebo prostým vtékáním srážkové vody a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.

3.2.1 Zdroje důlních vod

Zdroje důlních vod mohou být různé, jsou buď antropogenního nebo přírodního původu. Mezi zdroje přírodní patří ložiskové a mimoložiskové zdroje. Do antropogenního patří vody provozní a technologické a zvláštním druhem jsou vody stařinové. Každý ze zdrojů má své charakteristické fyzikálně – chemické vlastnosti, někdy s malými rozdíly parametrů, někdy se naopak liší velmi diametrálně.

Ložiskové vody

Jsou podzemní vody ložisek nerostných surovin, které jsou akumulovány v ložiskové výplni, nebo nadložních, podložních nebo bočních horninách, pokud jsou v hydraulické spojitosti s ložiskem. Mohou se dělit na:

- **Ložiskové vody neovlivněné důlní činností.**

Jsou typické tím, že jejich pohyb ve zvodněné struktuře se řídí zákony proudění tekutin horninovým prostředím, tj. na jejich pohyb lze aplikovat zákonitosti formulované v podzemní hydraulice.

- **Ložiskové vody ovlivněné důlní činností.**

Jsou typické tím, že jejich pohyb ve zvodněné struktuře je určován obvykle vznikem nové, umělé odvodňovací báze.

Často je tento antropogenní zásah do přirozené geohydrodynamické struktury spojen i se změnami hydraulických parametrů horninových komplexů (zejména propustnosti); bývá ovlivněn jejich tlakový režim, jejich hydrodynamické složení apod. Jejich pohyb se řídí obvykle zákonem proudění tekutin horninovým prostředím; pouze v menší míře lze aplikovat zákonitosti obecné hydrauliky. [1]

Mimoložiskové vody

Mimoložiskové vody jsou vody přírodních zvodní v horninách a přírodní vody infiltrující do důlních děl z povrchu. Jejich přítok do důlních děl je způsoben antropogenním ovlivněním horninového prostředí důlní činností (vznikem zálomové trhliny apod.). [1]

Provozní a technologické vody

Tyto vody jsou antropogenní složkou důlních vod. Jedná se o vody, které jsou do důlního prostředí sváděny uměle – nejčastěji potrubím. Jsou to např. vody používané jako vody pitné, vody požární a protiprašné ochrany, užitkové a technologické vody používané zejména pro vrtání s vodní výplachem, pro hydraulické mechanismy apod. Pokud se nejedná o tekutiny a vodné roztoky speciálního složení, jde většinou o vody

prosté. Velmi často jsou pro některé z výše uvedených účelů použity již vyčerpané důlní vody. [1]

Stařinové vody

Stařinové vody jsou zvláštním druhem důlních vod. Jsou to obvykle směsné vody ložiskové, mimoložiskové i provozní, které protékají nebo jsou akumulovány v opuštěných důlních prostorech, ve vydobytych kavernách, v závalech porubu a podobně. [1] Stařinové vody proudí ve starých důlních dílech podle zákona proudění v otevřených korytech, v potrubí a zavalených místech, pak i podle zákona filtrace průlomovým prostředím. [1]

3.3 Dělení důlních vod

Kategorie důlních vod

- **vody z hlubinných šachet** - Zpravidla jsou neutrální nebo slabě alkalické. Nakládání s nimi je závislé na chemickém složení a obsahu rozpuštěných znečišťujících složek. Pokud jsou málo znečištěné, lze jich využívat pro průmyslové účely např. v úpravnách těžených minerálů navazujících na těžební provozy [2].
- **vody z povrchových lomů surovin s obsahem pyritických surovin** - Tyto vody vykazují velmi nízké pH jako důsledek vyluhování a oxidace přítomných složek.

3.3.1 Salinní důlní vody

Natrium chloridové vody

Tyto vody se vyznačují proměnlivým obsahem bromidů. Jedná se o zředěné fosilní mořské vody, které neobsahují sírany a jsou bakteriologicky nezávadné. Tyto důlní vody dále dělíme na:

- Vody bohaté na jodidový iont (v těchto vodách je podíl soli až 30000 mg. l⁻¹)

- Vody vyvěrající z detritových souvrství (vyznačují se proměnlivým obsahem solí 7000 – 50000 mg. l⁻¹)
- Vody z plážových písků, které sedimentovaly do rýh v terénu (podíl soli až 2000 mg. l⁻¹)

Natrium karbonátové důlní vody

Hlavní složkou těchto důlních vod je hydrogenuhličitan sodný. Rovněž proměnlivý obsah soli 1000 – 10000 mg. l⁻¹

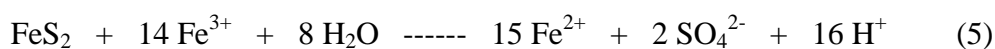
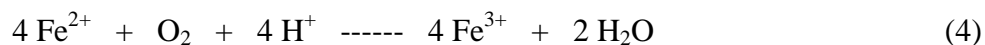
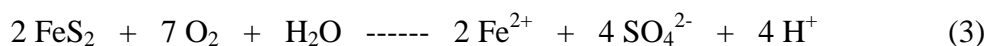
Vody nízkosalinní

Jsou to povrchové sladké vody, které se tektonickými pochody dostávají do karbonského souvrství a vyvěrají v důlních dílech. (7)

3.3.2 Důlní vody s vysokým obsahem síranů.

Jsou to důlní vody čerpané z hlubinných nebo povrchových dolů, je pro ně charakteristický zvýšený obsah síranů (obsah síry 5 – 6 %), železa, manganu, rozpuštěných i nerozpuštěných látek a nízké pH jako důsledek vyluhování a oxidace přítomných složek. Všechny tyto vody před vypouštěním do recipientu musí být nejprve upraveny a až poté vypuštěny. Složení důlních vod závisí na několika faktorech. Patří sem geologické složení hornin, ale také hloubka horizontu, z kterého těžíme.

Pro čištění důlních vod je proto používáno hlavně neutralizačních a srážecích reakcí, na něž navazuje mechanický stupeň čištění zajišťující sedimentaci nerozpustných látek. Technologicky výhodné je provzdušňování vody, které zajišťuje oxidaci železnatých iontů na železité, které se snadno odloučí ve formě hydratovaných oxidů. Probíhající chemické reakce popisují následující rovnice:



Složení důlních vod závisí na geologickém složení hornin, hloubce horizontu z něhož těžíme a na složení těžené suroviny.

3.4 Možnosti úpravy kyselých důlních vod

Vzhledem k tomu, že předložená diplomová práce je zaměřena na použití kyselých důlních vod při hydrické rekultivaci lomu Medard, je tato kapitola věnována možnostem úpravy kyselých důlních vod.

Úprava důlních vod je založena především na zachytu nerozpuštěných látek. K jejich částečnému odsazení dochází již ve sběrných nádržích u čerpacích stanic důlních vod. Pro dočištění od nerozpuštěných látek se navrhuje usazovací nádrže. Další stupeň čištění důlních vod je uplatňován v případě vyššího obsahu závadných látek v rozpuštěné formě. Dále jsou uvedeny základní možnosti úpravy důlních vod:

- **Chemické čištění** – např. úprava pH dávkováním vápna, číření Fe solemi
- **Sorpční čištění na ionexech** popř. na speciálních sorbtech (např. zachyt uranu v uhličitanovém komplexu na anexu, zachyt mědi na bentonitu apod.)

Za způsob zneškodnění důlních vod lze také považovat jejich částečné nebo úplné využití například v technologii úpravy rudy nebo uhlí jako zdroj užitkové vody. [6]

V posledních letech je solnost důlních vod snižována kromě nákladného a technologicky náročného zahušťování v krystalizačních odparkách, odsolováním na iontoměničích nebo využitím membránových procesů – ultrafiltrací, reverzní osmózou a elektrodialýzou [2].

3.4.1 Neutralizace

Důlní vody mají kyselou povahu, vykazují nízké pH a proto je u nich potřeba provádět neutralizaci. Při této metodě se používá neutralizace vhodným alkalizačním činidlem, zároveň dochází ke srážení iontů těžkých kovů, které se poté oddělí sedimentací a zbytky se odstraní filtrací.(7)

Nejdůležitější při výběru činidla je jeho cena, dostupnost výrobce, reakční doba, charakteristika vzniklého kalu i upravené vody. Z tohoto důvodu se nejčastěji k neutralizaci používá vápenné mléko připravené z vápna. Tento způsob je účinný pro velké úpravny vody, protože je i nejlevnější a zároveň nejúčinnější. Při tomto způsobu

se vysráží železo a mangan a vznikají jejich hydroxidy. Nevýhodou této chemické reakce je zvýšená tvrdost vody a tím i velmi špatná odvoditelnost vzniklého kalu. [20]

Molekuly vody z části disociují podle rovnice:



Způsoby neutralizace:

- Vypouštěním odpadních vod do toku. Kyseliny zde jsou neutralizovány hydrogenuhličitaný.
- Další nejčastěji používanou metoda je metoda , která k neutralizaci používá hydroxid vápenatý ve formě suspenze tzv. vápenné mléko, ale lze použít i hydroxid sodný, vápenec, dolomit nebo lze touto metodou provést neutralizaci i kombinací již výše vyjmenovaných činidel.
- Kombinovanou neutralizací. Mícháním kyselých a zásaditých odpadních vod, pokud vznikají oba druhy vod a jsou vypouštěny do jednoho objektu (recipientu). [2]

Faktory ovlivňující neutralizační reakci

Neutralizační technologický proces je ovlivňován celou řadou faktorů, které především zastupují vliv teploty, hodnotu pH, neutrální elektrolyt, neutralizační činidlo, komplexotvorné látky, urychlovací srážedla aj. [14]

3.4.2 Odmanganování

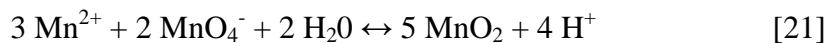
Odmanganování důlních vod se provádí různými způsoby:

A) Odmanganování oxidačními činidly

Protože je vedle manganu přítomno i železo je snaha zbavit se zároveň obou prvků. Principem je oxidace na hydratované oxidy a hydroxidy manganu vyšších oxidačních stupňů, které jsou ve vodě málo rozpustné a lze je tedy snadno odloučit například sedimentací.

Manganistanem draselným

K oxidaci se používá manganistan draselný podle rovnice:



Tato reakce probíhá rychle v mírně kyselém, nebo neutrálním prostředí. [21] Teoretická spotřeba manganistanu draselného je 1,92 mg na 1 mg Mn^{2+} . V provozu může docházet i ke značným odchylkám od těchto teoretických dávek. Obsahuje-li voda větší množství Fe^{2+} , je ekonomické zoxidovat železo provzdušněním a pak dávkovat KMnO_4 jen pro oxidaci manganu. Použití slabších oxidačních činidel je mnohdy i při vyšších hodnotách pH vody neúčinné.

Chlórem

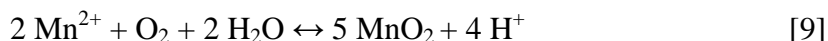
Dávkováním chlornanu sodného, nebo chlorové vody podle rovnice:



Metoda založená na dávkování chlóru je velmi závislá na pH vody, u vody která je organicky znečištěná může dojít ke zhoršení chuti, vůně a také dochází ke vzniku vedlejších produktů.

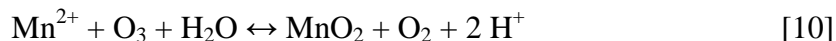
Oxidace vzdušným kyslíkem

Oxidace kyslíkem není ekonomicky ani časově rentabilní a proto se téměř nepoužívá, neboť oxidace 1 mg Fe^{2+} probíhá již při nasycení vody 0,143 mg O_2 a to již při neutrálním pH, avšak pro oxidaci Mn^{2+} i při nasycení 0,291 mg O_2 je třeba navíc zvýšit pH na 8,3 a navodit podmínky pro autokatalytickou oxidaci Mn^{2+} stykem se zrnitým materiálem, například v pískovém filtru a probíhá podle této rovnice:



Dalším oxidačním činidlem může být ozón, tato metoda se používá tam kde se zároveň ozón používá třeba při úpravě vody, ale náklady a investice na tuto metodu jsou

příliš vysoké, přesto je tato metoda velmi účinná, jedná se o velmi silné oxidační činidlo, kde oxiduje železo i mangan do vyššího stupně bez ohledu na pH a probíhá podle této reakce:



Při větším množství ozónu může oxidace Mn^{2+} proběhnout až za vzniku manganistanu:



B) Odmanganování alkalizací

Odmanganování probíhá jako průvodní jev i při úpravě vody alkalickými srážecími postupy, kdy při zvýšeném pH probíhá jednak zvýšená oxidace Fe^{2+} a Mn^{2+} , a jednak vylučování nerozpustných forem dvojvalentního železa a manganu (uhlíčitanu a hydroxidu) [11].

Množství Mn^{2+} , který je ve vodě přítomný je závislé na pH prostředí. Pokud bychom chtěli odstraňovat přítomný mangan z kyselých vod alkalizací, musíme nejprve zvýšit pH a to např. přidáním $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a jeho roztoků. Navíc je odstraněné množství manganu závislé na přidaném množství alkalizačních prostředků.

C) Kontaktní odmanganování filtrací preparovaným pískem

Při kontaktním odmanganování se používá laboratorní pískový filtr se zrněním 0,6 až 1,2 mm. Použije se buď již preparovaný písek, nebo se připravuje manganistanem draselným, manganatou solí a vodním sklem. K preparaci lze také použít manganistan a glukózu. Způsob je vhodný jak pro odstraňování manganu, tak i k odstraňování menšího množství železa a amonných iontů [9].

D) Odmanganování čířením

Odmanganování čířením se volí v případech kdy je mangan buď vázán na organické látky přítomné ve vodě, nebo na koloidní formu, popřípadě formu velmi jemné suspenze [12].

E) Biologické odmanganování

Manganové bakterie dovedou ve svém těle hromadit značné množství manganu převážně ve formě hydroxidů a kysličníku manganického. Hrubší písek v tlakových filtrech se osídí manganovými bakteriemi a tímto prostředím se provádí upravovaná vody takovou rychlostí, aby její zdržení stačilo mikrobům k odstranění veškerého, ve vodě obsaženého, manganu. [13]

F) Odmanganování sorpcí

Některé materiály mají schopnost do prostor v molekulové mřížce navázat cizí ionty (adsorpce na hlinitokřemičitanech), jsou to měniče iontů přírodního původu nebo umělého charakteru. V technologii a v hydrochemii vody mají největší význam jíly. V přírodních vodách s hodnotami pH obvykle v rozmezí 6 až 8 se jílové minerály chovají převážně jako měniče kationů, protože náboj jejich povrchu je většinou záporný. Samostatnou skupinu tvoří hlinitokřemičitany s trojrozměrnou strukturou, kam patří např. živce a zeolity, které jsou vulkanického původu.

3.4.3 Desulfatace důlních vod – odstranění síranů

Sírany v koncentracích vyskytující se v povrchových a prostých podzemních vodách nemají hygienický význam. Při velké koncentraci ovlivňují chuť vody. Velké koncentrace síranů spolu s většími koncentracemi hořčíku a sodíku způsobují, že voda má laxativní účinky (např. minerální voda Šaratica a Zaječická) [16].

Sírany se vyskytují ve vodách převážně jako jednoduchý aniont SO_4^{2-} . Ve vodách s vysokou koncentrací síranů (síranové vody) mohou být přítomné i iontové asociáty, tzv. sulfokomplexy s některými kationy, např. Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} nebo Mn^{2+} . Spolu s hydrogenuhlčitany a chloridy tvoří hlavní část aniontů v přírodních vodách [19].

Sírany patří v povrchových vodách mezi doplňující ukazatele. Jejich mezní hodnoty pro jednotlivé třídy jakosti vody jsou uvedeny v tabulce. S těmito hodnotami úzce souvisí i vymezení požadované koncentrace síranů v tocích vodárenských a ostatních.

Přípustná hodnota znečištění povrchových vod sírany, které jsou využívány nebo u kterých se předpokládá jejich využití jako zdroje pitné vody, je 250 mg.l^{-1} , pro ostatní toky 300 mg.l^{-1} [16].

Tabulka 1 Mezní koncentrace síranů v povrchových vodách. [20]

Třída jakosti	Koncentrace SO_4^{2-} [mg.l^{-1}]
I – velmi čistá voda	<80
II – čistá voda	<150
III – znečištěná voda	<250
IV – silně znečištěná voda	<300
V – velmi silně znečištěná voda	>300

3.4.4 Možné postupy desulfatace důlních vod

Přípustná koncentrace síranů v povrchových vodách je stanovena Nařízením vlády č. 229/2007 Sb. na 300 mg.l^{-1} . Tato hodnota je limitní i pro vypouštění důlní vody.

Způsoby, kterých lze pro odstranění síranů z vod použít je několik, ne všechny jsou však ekonomicky i provozně použitelné.

Technologické postupy pro odstranění síranů z odpadní vody lze rozdělit [19]

- Fyzikálně – chemické postupy
- Biologické postupy
- Postupy chemického srážení

A) Fyzikálně – chemické postupy

Membránové procesy

Mezi hlavní a nejdůležitější fyzikální metody odstraňování síranů z odpadních vod patří membránové procesy. Membránové separační procesy patří do skupiny difúzních operací, kde oddělování složek se uskutečňuje na základě selektivní propustnosti membrány [22].

Polopropustné membrány jsou charakterizovány především velikostí pórů, které určují i velikost částic jimi procházejících. Základním prvkem membránových procesů jsou membrány. Jsou zhotovovány zvláštními postupy především z polymerního materiálu (acetát celulózy, polysulfon, PVC atd.). Polopropustné membrány mohou být vyrobeny i na bázi ionexů [14].

Samy membrány nemají velkou pevnost, a proto musí být pro provozní účely umísťovány do tzv. membránových modulů, ve kterých jsou jednak podepřeny, aby nedošlo k jejich poškození a zároveň se dosáhne dostatečně vysoké pracovní plochy. Speciálním typem membrán jsou dutá vlákna [22].

Pro všechny membránové procesy je velmi důležitá předúprava surové, upravované, případně čištěné vody. Jejím cílem je odstranění koloidních a suspendovaných látek, zabránění vzniku sraženin v zařízeních a také na membránách [22].

Jde o procesy technologicky vyspělé, běžně využívané v moderních technologiích úpravy vody pro speciální účely. [19] Mezi jejich přednosti patří především:

- Technologicky proces nevyžaduje chemická činidla
- Nezpůsobují druhotné zasolení upravovaných vod
- Pracují s vysokou účinností a umožňují separovat selektivně i cenné složky

Největší předností membránových procesů je, že tento technologický proces nevyžaduje žádná chemická činidla. Technologická zařízení jsou kompaktní, bez velkých nároků na umístění, mohou být i v mobilním provedení, jsou energeticky méně náročná než-li metody odpařovací a krystalizační [19].

Nevýhodou membránových procesů jsou vyšší investiční i provozní náklady. V České republice jsou membránové procesy v aplikaci pro úpravu nebo čištění vod stále ve stádiu aplikovaného výzkumu [19].

Z různých membránových procesů v technologii a čištění vody se uplatňuje elektrodialýza, reverzní osmóza a ultrafiltrace.

Ostatní metody

Do této skupiny je možno zařadit procesy destilace, vymrazování a separace na iontoměničích. První dva uvedené postupy jsou energeticky vysoce náročné [11].

Iontová výměna a membránové procesy patří k moderním technologiím, které jsou vysoce účinné, dosud však ekonomicky náročné, jak investičně, tak provozně. Stejně tak, jako v případě desulfatačních srážecích procesů musí, být pozornost věnována likvidaci kalu z procesu srážení, při použití ionexových a membránových

technologií musí být zabezpečena likvidace regeneračních roztoků a příslušných koncentrátů [11].

B) Biologické metody

Jsou založeny na schopnosti desulfatačních bakterií redukovat sírany na nerozpustné sulfidy, které mohou být z vody mechanicky odstraněny. Tyto metody jsou nenáročné na obsluhu i finanční náročnost.

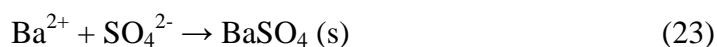
C) Chemické metody

Hlavní chemickou metodou používanou při odstraňování síranů z odpadních vod je srážení. Srážecími reakcemi lze převést některé látky z rozpuštěné formy na formu nerozpustnou a pak je separovat od kapalného prostředí sedimentací, filtrací a podobně [15].

Přidáním vhodného chemického činidla do roztoku, obsahujícího různé ionty, je možné dosáhnout vysrážení části rozpuštěných iontů z roztoku ve formě sraženiny, která je ve vodě velmi omezeně rozpustná. Koncentrace nasyceného roztoku málo rozpustných chemických sloučenin závisí na hodnotě součinu rozpustnosti K_s [3].

Srážení barnatými ionty

Podstatou je srážení síranů barnatými kationty za vzniku síranu barnatého podle rovnice [11]:



Srážení síranů do formy BaSO_4 je ve srovnání se srážením pomocí vápenného mléka účinnější, ale také ekonomicky náročnější. Hodnota součinu rozpustnosti síranu barnatého je $K_s = 10^{-10}$, oproti součinu rozpustnosti síranu vápenatého, který je $K_s = 10^{-4}$. Použití barnatých solí s sebou však přináší i jisté toxikologické nebezpečí, především v případě předávkování barnatých solí v procesu srážení [18].

Srážení vápenatými ionty

Při neutralizaci vápenným mlékem dochází k částečné desulfataci důlních vod, ale redukce síranů je podstatně nižší než při užití barnatých solí [11].

Výsledná koncentrace síranů nedosahuje požadované koncentrace pro povrchové vody 300 mg.l^{-1} , ale zastavuje se na hodnotě odpovídající součinu rozpustnosti anhydritu (CaSO_4) či sádrovce ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a představuje obsah v upravené vodě cca 1500 mg.l^{-1} . Jak anhydrit, tak sádrovec tvoří často přesycené roztoky, při vyšších koncentracích síranů vznikají i iontové asociáty $\text{CaSO}_4(\text{aq})$, takže výsledné koncentrace síranů mohou být i vyšší než 1500 mg.l^{-1} [18].

Srážení hlinitými ionty

Srážení síranů v přítomnosti hlinitých a vápenatých iontů do formy Candlotovy sole - ettringitu - spočívá v tvorbě málo rozpustné, avšak objemné sloučeniny. Ta vzniká též při síranové korozi betonu, kde se negativně uplatňuje zmíněná objemnost sraženiny. Při odstraňování síranu (desulfataci) se tvoří sloučenina chemického vzorce:



Ettringit se obecně označuje vzorcem $\text{Ca}_6\text{Al}_2[\text{SO}_4(\text{OH})_4]_3$ [18].

Tvorba ettringitu se předpokládá ve vodných roztocích obsahujících CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a sloučeniny hliníku v třetím oxidačním stupni. Hliník tak může být do procesu srážení dodáván ve formě síranu, chloridu, dusičnanu či částečně hydrolyzovaného chloridu hlinitého nebo ve formě hlinitanu sodného. Použitelnost jedné či druhé formy hliníku s sebou přináší určité výhody i nevýhody. Podmínkou dobré účinnosti procesu je přebytek vápenatých iontů, které se spotřebovávají nejen na tvorbu ettringitu, ale dále na další doprovodné reakce probíhající při čištění průmyslových vod (neutralizace hodnoty pH, odstraňování oxidu uhličitého, odželezňování a odmanganování a v neposlední řadě odstraňování těžkých kovů) [18].

3.5 Metody zpracování vzorků

3.5.1 Analýza chloridů titrací

U všech vzorků byly stanoveny chloridy odměrnou metodou, jejíž podstatou je titrace Cl^- při pH 2,5 roztokem $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ na indikátor difenylkarbazon, který s přebytkem Hg tvoří červeno – fialový komplex. V této metodě jsou použity tyto chemikálie : NaCl, KCl, $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, Ag NO_3 , difenylkarbazon – bromfenolová modř, K_2CrO_4 , HNO_3 , NaOH, CaCO_3 , NaHCO_3 a aktivní uhlí. Použité pomůcky jsou: analytické váhy, pH metr, teploměr, filtry, odstředivka a laboratorní sklo.

Rušivé vlivy u této metody jsou chromany a Fe^{+3} nad 10 mg.l^{-1} , které se odstraňují ředěním roztoku, nerozpuštěné látky, zákal a barva se odstraňují odstředěním, nebo filtrací. Pokud je špatná viditelnost ostrosti přechodu indikátoru jde zpravidla o nesprávné nastavení pH na PH metru..

3.5.2 Analýza manganu pomocí spektrofotometru (ASS) a železa

U všech vzorků je stanoven mangan spektrofotometricky za použití titrisolu, vodného roztoku Mn, hexahydrátu síranu diamonno-železnatého, tetrasodné soli (EDTA), formadoxinu, NaOH, hydroxilu amonného, amoniaku, H_2SO_4 , H_2O za použití těchto pomůcek spektrofotometru, laboratorního skla, pH metru, PE lahvičky, teploměru.

Vzorek zmlžujeme přímo do plamene AIR – C_2H_2 atomového absorpčního spektrometru, srážení solí a komplexů při vysokých obsazích solí odstraníme přidáním koncentrované kyseliny dusičné do vzorkovnice hned po převzetí do laboratoře. Vizuálně postřehnutelné nerozpustné částice po hodinovém stání odstraníme filtrací papírovým filtrem FILPAP typ KA2

3.5.3 Analýza síranů – titrace Ba (ClO_4)₂

Podstatou této metody je reakce síranového iontu s iontem barnatým v etanolovém prostředí za vzniku těžko rozpustného síranu barnatého. Konec titrace je indikován thoriem. Rušivým vlivem u této metody jsou všechny kationty mimo kationů alkalických kovů a NH_4^+ , které se odstraňují měničem kationů ve vodíkovém cyklu, zákal a nerozpuštěné látky se odstraňují odstředěním a barva vzorku se odstraňuje sorpcí na aktivním uhlí.

3.5.4 Metody na stanovení dusíků

Dusičnany NO_3^-

Se stanovují spektrofotometricky reakcí kyselinou sulfosalicilovou s NO_3^- a následnou alkalizací za vzniku žlutého zbarvení. Nerozpuštěné látky se zde odstraňují filtrací, nebo odstředěním, rušivé dusitany se odstraňují azidem sodným, železo a další kationty se odstraňují přes katex a pH vyšší než 8 se neutralizuje kyselinou octovou.

Dusitany NO_2^-

Se stanovují spektrofotometricky, kdy se projeví v přítomnosti H_3PO_4 s aminobenzenem-sulfonilamidem za vzniku diazoniové soli, které tvoří s dihydrochloridem-diaminoethanem růžové zbarvení. Rušivé vlivy jako je zákal a nerozpuštěné látky se odfiltrují, odstředí nebo odčeří.

Dusík podle Kjeldahla

Se stanovuje jako sumárně stanovený organický a amoniakální dusík a jeho mineralizací vzorku H_2SO_4 . Rušivými vlivy je zde dlouhá doba mineralizace, pak dochází k nízkým výsledkům.

Celkový dusík

Se stanovuje separátní stanovením obsahu všech jednotlivých dusíkatých složek přepočtených na koncentrace dusíku ve vzorku (mg.l^{-1}).

Anorganický dusík

Se stanovuje separátně z jednotlivých anorganických dusíkatých složek, přepočtených na koncentrace dusíku ve vzorku (mg.l^{-1}).

Organický dusík

Se stanovuje odečtem separátně stanoveného amoniakálního dusíku od koncentrace dusíku stanoveného podle Kjeldahla.

3.5.5 Metody na stanovení fosforečnanů

Se stanovují tak, že fosforečnanové ionty reagují v kyselém prostředí iontů molybdenanu a antimonu za vzniku antimon–fosfomolybdenanového komplexu.

Redukcí komplexu kyselinou askorbovou vzniká intenzivně zbarvený komplex molybdenové modře. Intenzita zabarvení se měří při vlnové délce 880 nm. Ostatní sloučeniny s organicky vázaným fosforem převedeme na ortofosforečnany mineralizací s peroxodisíranem.

3.5.6 Elektrometrická metoda na zjištění pH

Se stanovuje elektrometrickou metodou založenou na měření elektrického potenciálu elektrochemického článku, který je tvořen vzorkem, skleněnou a srovnávací elektrodou. Kvalita měřicího článku se hodnotí podle nulového bodu (asymetrický potenciál) a podle strmosti (směrnice funkce vodíkové elektrody). Optimální hodnota nulového bodu při 25 °C je ± 15 mV. Hodnota strmosti v mezích -50 mV až -56 mV pokládáme ještě za přijatelnou. Hodnotu pH ve všech typech vod a v kapalných vzorcích kalů (do 5 % sušiny) měříme přímo. U tuhých a prstovitých kalů připravíme nejdříve vodnou suspenzi.

3.5.7 Metody na zjištění :NL₁₀₅, RL₁₀₅, RAS, (ZŽ)_{NL}

NL₁₀₅ se stanovují tak, že se známý objem homogenního vzorku přefiltruje přes odpovídající filtr a poté se filtr vysuší při teplotě 105 °C a hmotnost látek zadržených na filtru stanovíme zvážením.

RL₁₀₅ sušené se stanovují tak, že odpaříme známe množství zfiltrovaného vzorku a odparek sušíme při teplotě 105 °C. Hmotnost odparku stanovíme vážením.

RAS stanovujeme odpařením známého množství zfiltrovaného vzorku přes odpovídající filtr a odparek sušíme při teplotě 105 °C. Potom odparek vyžeháme při teplotě 550 °C. Hmotnost zbytku po žíhání stanovíme vážením.

ZŽ_{NL} se stanoví jako výpočet rozdílu nerozpuštěných látek před žíháním (NL₁₀₅) a po žíhání (NL₅₅₀).

3.5.8 CHSK_{Cr}

Je metoda založená na oxidaci organických látek dichromanem v prostředí kyseliny sírové za přítomnosti stříbrných a rtuťnatých iontů. Množství spotřebovaného dichromanu zjistíme titrací roztokem síranu diamonno-železnatého na indikátor ferroin.

3.5.9 Konduktivita

Je schopnost iontů přítomných ve vodě vést elektrický proud. Konduktivita roztoku je závislá na koncentraci iontů, jejich náboji, pohyblivosti a na teplotě roztoku. Konduktivita vodných roztoků se měří přímo na přístrojích které mají teplotní kompenzaci (2,1 % / 1°C)

Definice: odporová konstanta „C“ cely je funkcí plochy elektrod, vzdálenosti mezi elektrodami.

Mangan a železo při této metodě vzorek zmlžujeme přímo do plamene AIR – C₂H₂ atomového absorpčního spektrometru – srážení solí a komplexů při vysokých obsazích solí odstraníme přidáním koncentrované kyseliny dusičné do vzorkovnice hned po převzetí vzorku do laboratoře. Vizualně postřehnutelné nerozpuštěné částice po hodinovém stání odstraníme filtrací papírovým filtrem FILPAP typ KA2.

3.6 Charakteristika důlních vod v lokalitě Sokolovské uhelné pánvi

Pro důlní vody v lokalitě Sokolovské uhelné pánve (lom Medard a Jiří) je charakteristický vysoký obsah síranů, železa, manganu a nízké pH. Vody jsou před vypouštěním do recipientu upravovány na úpravně důlních vod Svatava, která je určena zejména pro odstraňování vysokého obsahu železa, nerozpuštěných látek a pro úpravu nízké hodnoty pH důlních vod. Způsob a podmínky vypouštění důlních vod do řeky Svatavy jsou stanoveny Rozhodnutím vodoprávního úřadu. Emisní a hmotnostní limity vypouštěných důlních vod jsou stanoveny uvedeným vodohospodářským rozhodnutím takto:

Tabulka 2 Emisní a hmotnostní limity

Ukazatel	Emisní limity (mg.l ⁻¹)		Hmotnostní limity (t.rok ⁻¹)
	p	m	
NL ₁₀₅	20	40	252,3
Fe _{celk}	3	8	37,8
Mn	1	4	12,6
SO ₄ ²⁻	1200	1500	15 138
pH		6-9	

p..přípustné hodnoty, m..maximální hodnoty koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných vod

Úprava důlních vod na Úpravně důlních vod Svatava spočívá v alkalizaci vápennou suspenzí, oxidaci vzdušným kyslíkem dvojmocného železa Fe²⁺ na trojmocnou formu Fe³⁺, odseparování kalu od vyčištěné vody ve dvou reaktorech typu Seclar a následném gravitačním a mechanickém odvodnění kalu, které je prováděno v předlohově, vyrovnávací a zahušťovací nádrži a následně na kalolisu firmy Netzsch.

3.7 Podmínky pro vypouštění důlních vod do recipientu

Nakládání s vodami podléhá podle znění platného zákona č. 254/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů (dále jen vodní zákon) povolovací pravomoci vodohospodářských orgánů. Vodní zákon je základním předpisem vodního práva, který je souborem norem, které regulují ochranu vod a vodních ekosystémů a stanovují podmínky jejich hospodářského využití a předepisují zajištění bezpečnosti vodních děl. Jeho účelem je chránit podzemní i povrchové vody stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha. Vodní zákon byl vydán dne 28.6.2001. Vodního zákona se týká i několika směrnic EU a to zejména směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60ES ze dne 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

Důlní vody se pro účel tohoto zákona považují za vody povrchové, popřípadě podzemní a tento zákon se na ně vztahuje, pokud zvláštní zákon, v tomto případě Horní

zákon, nestanoví jinak. Tento zákon oddělil samotné vypouštění důlních vod od ustanovení způsobu a podmínek tohoto vypouštění, které náleží do pravomoci orgánů státní správy. Současně Horní zákon určil, že věcně příslušným orgánem státní správy je vodohospodářský orgán a orgán ochrany veřejného zdraví. Tyto orgány proto rozhodují o způsobu a podmínkách vypouštění důlních vod, nikoliv však podle vodního zákona, ale podle zákona horního.

Horní zákon blíže nevymezuje způsob a podmínky vypouštění důlních vod. Proto příslušný orgán státní správy (vodohospodářský) má plnou volnost ve výběru prostředků, jimiž podmínky a způsob vypouštění vymezí. Při tomto rozhodování má vodohospodářský orgán povinnost vycházet z příslušné právní normy (vodního a horního zákona).

Jednou z neopominutelných zásad je v případě vypouštění důlních vod ustanovení § 38 odst. 3 vodního zákona - kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování v souladu s podmínkami, stanovenými v povolení k jejich vypouštění. Při stanovování těchto podmínek je vodoprávní úřad povinen přihlížet k nejlepším dostupným technologiím v oblasti zneškodňování odpadních vod, aby jakost povrchových nebo podzemních vod nebyla ohrožena nebo zhoršena. Při stanovování podmínek pro vypouštění důlních vod do vod povrchových postupuje vodohospodářský orgán podle ukazatelů přípustného stupně znečištění vod uvedených v nařízení vlády ČR č. 61/2003 Sb. ve znění NV č. 229/2007 Sb. Pro důlní vody však zatím nebyly v tomto nařízení stanoveny ukazatele. S cílem, aby vypouštěnými odpadními vodami byly povrchové vody znečišťovány co nejméně, stanovuje vodohospodářský orgán limitní hodnoty pro vypouštění důlních vod individuálně, podle místních vodohospodářských podmínek.

3.8 Využívání důlních děl a vod k rekultivaci krajiny

Organizace, při jejíž činnosti dochází ke vzniku důlních vod je oprávněna tyto vody bezplatně využívat, a to :

- pro vlastní potřebu
- jako náhradní zdroj vody, v oblastech, které byly poškozeny ztrátou vody vyvolanou důlní činností této organizace

může také:

- vypouštět důlní vodu, kterou nepotřebuje pro vlastní činnost, do povrchových, popřípadě do podzemních vod a odvádět ji, pokud je to třeba i přes cizí pozemky způsobem a za podmínek stanovených vodohospodářským orgánem a orgánem hygienické služby.

Podle § 34 povrchové vody využívané ke koupání osob pro vyhovující jakost vody, které obvykle používá ke koupání větší počet osob, stanoví Ministerstvo zdravotnictví ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí vyhláškou. Koupání v nich je povoleno, pokud jakost vody odpovídá požadavkům stanoveným zvláštním právním předpisem zákona 258/2000Sb. § 6 a § 108 odstavec 1 vydaný ministerstvem zdravotnictví o ochraně veřejného zdraví včetně některých souvisejících zákonů, ve znění zákona č. 274/2003 Sb.

Dále se musí postupovat i podle vyhlášky 135/ 2004 Sb. ze dne 17.března 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a venkovní koupaliště.

Ve smyslu Euronovely Vodního zákona č. 20/2004 Sb. patří důlní vody mezi vody zvláštní a nemají výslovné postavení odpadních vod. Důlními vodami jsou podle ustanovení § 40 odst. 1 zákona č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.

Důlní vody vznikají v oblastech s intenzivní těžbou nerostných surovin. Tyto vody odtékající z důlních děl, ale i z výsypek, se vyznačují specifickým složením. Výrazně se obohacují o rozpuštěné ionty, z nichž se nejčastěji vyskytují kationy železa, manganu, mědi, zinku a kadmia. V závislosti na druhu těžené suroviny mohou být zastoupeny i další kationy kovů, z anionů, jsou nejběžnější sírany.

V praxi to znamená, že voda, která je na důlních podnicích čerpána z překopů na povrch a následně vypouštěna do povrchových vodotečí jako voda důlní, je v podstatě směsí veškerých vod, které se do důlních prostor dostaly, bez ohledu na to, jestli se tak děje přítoky z geologických struktur horninového prostředí (přírodní zdroje důlních vod) a nebo dodávkami provozní nebo užitkové vody, v souvislosti s technologií dobývání uhelného ložiska.

Pro posuzování jakosti klasifikaci povrchových vod platila norma ČSN 83 0602, která byla novelizována normou ČSN 75 72 21 viz. příloha č. 1. Ta rozčleňuje ukazatele jakosti povrchových vod do pěti tříd:

- 1 - velmi čistá voda** (vhodná pro vodárenské účely, potravinářský průmysl, koupaliště, chov lososovitých ryb, má velkou krajínotvornou hodnotu)
- 2 - čistá voda** (vhodná k vodárenským účelům, chovu ryb, vodním sportům, zásobování průmyslu, má krajínotvornou hodnotu)
- 3 - znečištěná voda** (jen pro zásobování průmyslu, pro vodárenství podmíněně, není-li vhodnější zdroj, má malou krajínotvornou hodnotu)
- 4 - silně znečištěná voda** (obvykle jen pro omezené účely)
- 5 - velmi nečistá voda** (obvykle se nehodí pro žádný účel)

Jakost vody se klasifikuje zvlášť pro každý jednotlivý ukazatel. Vybranými ukazateli jakosti vod jsou:

- ukazatele kyslíkového režimu: rozpuštěný kyslík, BSK₅, CHSK_{Mn}, volný sulfan;
- ukazatele základního chemického složení : RL, NL, chloridy, sírany, vápník, hořčík;
- zvláštní ukazatel: amoniak, amonné ionty, teplota, pH, dusičnany, železo, mangan, fenoly, tenzidy, kyanidy, pach, barva, NEL.

3.9 Přehled legislativy související s problematikou vod

Právní předpisy zabývající se problematikou používání vod jsou v příloze č. 2

Právní předpisy zabývající se problematikou používání důlních vod jsou v příloze č. 3

Experimentální část

V této části diplomové práce jsou co nejpřehledněji zpracovány jednotlivé přítoky do napouštěného vznikajícího jezera Medard od počátku napouštění 2.července 2008 po jednotlivých měsících až do měsíce února 2010. Jsou zde zpracovány a porovnány jednotlivé odběry za toto období, zpracovány odebrané vzorky ze dne 12.3.2010 a porovnáno a navrženo optimální míchání jednotlivých vod pro napuštění jezera Medard vzhledem k předpokládanému využití, tj. pro sportovně-kulturní a environmentální využití.

4. Současný stav z hlediska nakládání s důlními vodami

Do října 2007 byly přes ÚDV Svatava čištěny důlní vody z ČS Medard (6,3 mil. m³.rok⁻¹) a ČS Rafanda (2,1 mil. m³.rok⁻¹). Důlní vody byly z těchto lokalit na ÚDV Svatava přiváděny přes vlastní ukliďňovací jímky vzdálených od sebe cca 240 m. Z ukliďňovacích jímek byly čerpané důlní vody gravitačně svedeny do ÚDV Svatava a vyčištěné odtékaly do recipientu řeky Svatava. ČS Medard byla umístěna na dně lomu Medard - Libík kótě 338,5 m.n.m. a v době ukončení provozu měla 4 čerpadla a 2 výtlačné řady DN500 v délce 1 620 m. ČS Rafanda je umístěna na jižním okraji lomu Marie na kótě 410,4 m.n.m. (vedle železniční trati Sokolov - K. Vary) a má 4 čerpadla a 2 výtlačné řady PE DN355 v délce 2 050 m.

V říjnu 2007 byla nově vystrojena ČS Lomnice 3 čerpadly a jedním výtlačným řádem PE DN500 v délce 3 953 m, který je zaústěný do společné ukliďňovací jímky s výtlačnými řady ČS Medard. Zároveň byly důlní vody z ČS J3, která je umístěna v severních svazích lomu Jiří, převedeny z odkalovací nádrže Markéta u Vintířova do retence ČS Lomnice. Celkové roční průměrné množství důlních vod čerpaných z ČS Lomnice (+ ČS J3) je cca 2,0 mil. m³. ČS J3 má 3 čerpadla a jeden výtlačný řád PE DN630 v délce 1 250 m.

K 30. 6. 2008 byl ukončen provoz ČS Medard, a důlní voda se nechává stoupat pro samovolné zatápění. V té době byly čerpány důlní vody do ÚDV Svatava pouze z ČS Lomnice a ČS Rafanda. Celkové roční průměrné množství důlních vod čerpaných z obou čerpacích stanic je cca 4,1 mil. m³.

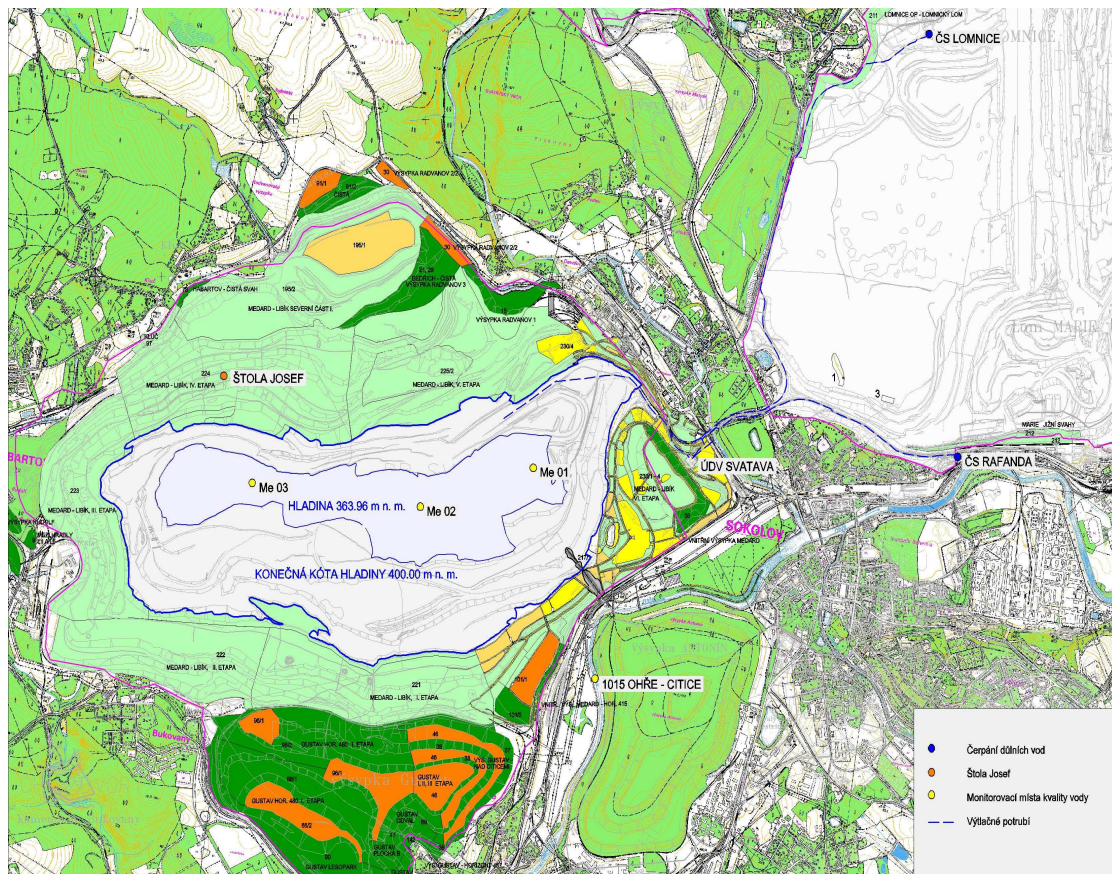
4.1 Přítoky do jezera Medard

- Důlní vody ze štoly Josef v lokalitě Medard v severních svazích (zůstane nad konečnou hladinou jezera).
- Důlní vody z jiných těžebních lokalit:
 - 1) z ČS Lomnice (ze dna /retence/ Lomnického lomu).
 - 2) z ČS Rafanda (důlní vody čerpané ze starých hlubinných děl v lomu Marie).
- Již zatopené dreny na dně lomů Medard-Libík (M-L).
Zanedbatelné množství. Zatápěním (zvedající se hladinou) přítoky z drenů ustávají.
- Z řeky Ohře (gravitačně přes jímací objekt a upraveným kamenným korytem).
Parametry napouštění z rozhodnutí MěÚ Sokolov, odbor životního prostředí ze dne 18.10.2006 č.j. 25631/2006/ZP/SOKI množství:
 $Q_{\text{prům.}} = 1\,731 \text{ l.s}^{-1}$
 $Q_{\text{max.}} = 4\,000 \text{ l.s}^{-1} (4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \dots 10\,500\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{měsíc}^{-1} \dots 125\,000 \text{ tis. m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$
V řece Ohři je nutno ponechat minimální průtok $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Při tomto a menším množství vody v řece Ohři nebude docházet k odběrům do jezera. Již v průběhu zahájení prací (2008) na stavbě jímacího objektu a hloubeného kanálu do jezera docházelo k průsakům vody jímacím objektem do jezera cca 24 l.s^{-1} vody. Úbytek vody výparem plného jezera se předpokládá v množství cca 30 l.s^{-1} (tj. při ploše 493,44 ha; při současné ploše 123,50 ha to odpovídá $7,5 \text{ l.s}^{-1}$).
- Ostatní povrchové vody (dešťové) ztékající gravitačně z okolí jezera (z odvodňovacích příkopů tekoucích přes vyhotovené malé vodní nádrže a mokřady)

5. Charakteristika důlních vod přiváděných do lomu Medard

Na obrázku č. 1 jsou vyznačeny jednotlivá čerpací místa, výtláčná potrubí, monitorovací místa kvality vody a štola Josef.

Obrázek 1 Situační mapa



Odběry vzorků

Dne 11.3.2010 byly odebrány vzorky na jednotlivých odběrních místech. Při odběru bylo polojasno, mrazivo, odběrní místa Ohře a Rafanda měla volnou vodní plochu, odběrní místo Lomnice byla vodní plocha zamrzlá.

Na každém odběrném místě byly odebrány 2 PE kanystry o objemu 3 litry. Všechny vzorky byly dovezeny do 1 hodiny do laboratoří, kde byly následně smíchány a připraveny k rozboru. Oba kanystry jednotlivých vzorků byly přelity do směšovací a míchací nádoby. Vzorky byly smíchány a odměřeny odměrným válcem.

Poté byly přelity do 2 litrových PE vzorkovacích láhví a označeny a připraveny pro rozbor. Byly připraveny 3 dvoulitrové láhve na rozbor základních vzorků – Ohře,

Rafanda a Lomnice. Pak byl smíchán a připraven dvoulitrový vzorek z Rafandy a Lomnice v poměru 2,7 : 1 Rafanda - Lomnice. Tento smíchaný poměrový vzorek důlních vod byl poté smíchán v poměru 1:4 a 1:6 se vzorkem s Ohře. Všechny vzorky poté byly přeneseny do jednotlivých částí laboratoří, kde se provedli jednotlivé chemické analýzy

Odběrné místo Ohře

Obrázek 2 Napouštěcí místo Ohře



Odběr vzorku z řeky Ohře byl proveden dne 11.3.2010 v 7:59 hodin teplota vzduchu -2°C

Odběrné místo čerpací stanice Rafanda

Obrázek 3 Čerpací stanice Rafanda



Odběr vzorku z čerpací stanice Rafanda byl proveden dne 11.3.2010 v 8:12 hodin teplota vzduchu -2°C

Odběrné místo čerpací stanice Lomnice

Obrázek 4 Čerpací stanice Lomnice



Odběr vzorku z čerpací stanice Lomnice byl proveden dne 11.3.2010 v 8:24 hodin teplota vzduchu -1,5°C

5.1 Objem a složení důlních vod

Důlní vody z lomu Medard jsou nyní využívány pro hydrorekultivaci lomu Medard a nejsou tedy odčerpávány. Pro hydrorekultivaci jsou dále přiváděny důlní vody z hlubiny Jiří a důlní vody z ČS Lomnice, které jsou velmi problematické z hlediska svého složení. Vzhledem k tomu, že přítok důlních vod z jednotlivých lokalit v průběhu roku kolísá, byly odebrány vždy jednotlivé vzorky vod a na základě průměrného čerpání od června v roce 2008 do února 2010 byl vypočítán poměr, v jakém byly vzorky jednotlivých důlních vod smíchány. Jednotlivé i smíchané vzorky důlních vod byly podrobeny vstupní analýze.

Tabulka 3 Množství přiváděných důlních vod z jednotlivých lokalit v m³

Rok 2009	ČS Rafanda [m3]	ČS Lomnice [m3]
červen	121 515	0
červenec	299 140	111 633
srpen	282 835	69 400
září	194 794	0
říjen	207 292	44 151
listopad	132 403	78 383
prosinec	92 505	94 567
leden	196 545	90 117
únor	156 390	145 317
Celkem	1 683 419	633 568

Z výše uvedené tabulky bylo možné spočítat poměr, ve kterém byly důlní vody pro laboratorní práce smíchány.

Tabulka 4 Procentuelní zastoupení jednotlivých důlních vod v celkovém objemu

ČS Lomnice	27,3%
ČS Rafanda	72,7%

Důlní vody z ČS Lomnice, jsou vedeny potrubím do směšovací jímky a jejich zastoupení je v poměru složení vod 27,3 % .

Důlní vody z ČS Rafanda jsou přiváděny do směšovací jímky druhým potrubím a jejich zastoupení je v poměru složení vod 72,7 %. Důlní vody z ČS Lomnice a ČS Rafanda byly podrobeny základní chemické analýze, která byla provedena v laboratoři cca do 1 hodiny od odebrání vzorků. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č.

Tabulka 5 Složení důlních vod ČS Lomnice a ČS Rafanda

	pH	c(Fe)	c(Mn)	c(SO ₄ ²⁻)
		[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]
ČS Lomnice	3,17	135	7,05	1540
ČS Rafanda	7,02	26,5	1	332

Vody byly odebrány a do hodiny smíchány v poměru, který byl vypočten na základě údajů o průtocích výše uvedených důlních vod a byl proveden základní chemický rozbor.

Jak je patrné z výsledků odebraných vzorků, důlní vody z čerpací stanice Lomnice jsou kyselé, kdežto vody z čerpací stanice Rafandy jsou neutrální, množství železa, síranů i manganu je v obou vzorcích překročen.

Tabulka 6 Složení důlní vody po smíchání v daném poměru

pH	c(Fe)	c(Mn)	c(SO ₄ ²⁻)
	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]
3,83	62,5	2,72	683

Po smíchání odebraných důlních vod v daném poměru byly i nadále oproti normě pro povrchové vody překročeny všechny sledované parametry.

Tabulka 7 Složení vody z řeky Ohře v místě napouštěcího místa

pH	c(Fe)	c(Mn)	c(SO ₄ ²⁻)
	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]
7,1	0,55	0,14	49

V odebraném vzorku z řeky Ohře je stanovení pH a koncentrace železa, síranů i manganů v normě.

V následující tabulce 8 je uvedeno podrobnější chemický rozbor odebraných výše uvedených vod.

Tabulka 8 Chemické složení jednotlivých vzorků vod

Stanovení	Ohře	Rafanda	Lomnice	Emisní limity	
				p	m
RAS [mg.l-1]	123	535	2090		
Dusík celkový [mg.l-1]	1,8	0,92	1,35	6,32	34,5
Fosfor celkový [mg.l-1]	0,08	0,07	0,17	0,03	0,4
Chloridy [mg.l-1]	27,8	34,8	13,2	50	300
CHSK (Cr) [mg.l-1]	11	8,5	17	15	35
Mangan [mg.l-1]	0,14	1	7,05	0,05	3
NL [mg.l-1]	7,9	38	9,2	20	60
pH	7,1	7,02	3,17	6,9	7,1
RL [mg.l-1]	223	639	2490	300	800
Sírany [mg.l-1]	49	332	1540	80	250
Železo [mg.l-1]	0,55	26,5	135	0,5	2

Z tabulky 8 je patrné největší zatížení vod z ČS Lomnice sírany, rozpuštěnými látkami, železem, manganem a velmi kyselým pH vzorku, nejméně zatížené jsou vody z Ohře. Všechny vzorky jsou v limitu s dusíkem, fosforem, chloridy, CHSK (Cr) a NL.

5.2 Příprava směsných vzorků v různých poměrech přiváděných vod

- **Směsný vzorek** – slévání, získá se smísením stejných nebo různých objemů prostých vzorků odebraných při řadovém nebo kontinuálním odebírání
- **Dělený vzorek** - odebraný vzorek se rozdělí do různých vzorkovnic z důvodů různého zacházení (různá konzervace, odlišná úprava vzorku)
- **Množství vzorku** – řídí se rozsahem rozboru a určí se z množství vzorku potřebného k jednotlivým analýzám

- **Polyethylenová vzorkovnice** – se před použitím vymyje kyselinou chlorovodíkovou a teplou vodou 40 – 50 °C, usuší se a musí mít dobře těsnící zátky.

6. Sledování kvality směsných vzorků

V této kapitole jsou popsány výsledky laboratorních zkoušek, které byly zaměřeny na sledování kvality smíchaných vzorků vod. Pro větší přehlednost uspořádány do tabulek.

V tabulce 9 jsou uvedeny výsledky chemického rozboru vzorků vody z Ohře a důlních vod před smícháním a po smíchání v poměru 1 : 4.

Tabulka 9 Chemické složení směsných vzorků vod 1:4

parametr	jednotka	Ohře	Rafanda Lomnice	1:4	Limity
RAS	[mg.l ⁻¹]	123	901	285	
pH		7,1	3,83	6,28	6-8
nerozpuštěné látky	[mg.l ⁻¹]	7,9	96	34	30
rozpuštěné látky	[mg.l ⁻¹]	223	1034	363	1000
CHSKCr	[mg.l ⁻¹]	11	9,5	11	35
sírany	[mg.l ⁻¹]	49	683	166	300
chloridy	[mg.l ⁻¹]	43,5	27,8	40	250
fosfor celkový	[mg.l ⁻¹]	0,08	0,1	0,08	0,2
železo celkové	[mg.l ⁻¹]	0,55	62,5	13,1	2
mangan celkový	[mg.l ⁻¹]	0,14	2,72	0,65	0,5

Z tabulky je vidět, že po smíchání těchto vod jsou překročeny limity pH, nerozpuštěných látek, rozpuštěných látek, síranů, železa a manganů. Po smísení se vzorkem z řeky Ohře v poměru 1 : 4 je patrné, že se parametry pH, rozpuštěných látek a síranů vešli do limitu daného nařízením vlády č. 229/2007 Sb., příloha č.3, naopak překročeny jsou limity v nerozpuštěných látkách, železa a manganu. Žlutě vyznačená pole jsou pole s hodnotami, které neodpovídají limitům podle daného nařízení vlády.

V následující tabulce č. 10 jsou výsledky chemické analýzy vzorku vody, připravené smícháním vody z Ohře a důlní vody v poměru 1 : 6. Všechny sledované hodnoty smíchaného vzorku jsou v limitu, pouze železo překračuje legislativou stanovený limit.

Tabulka 10 Chemické složení směsných vzorků vod 1: 6

parametr	jednotka	Ohře	Rafanda Lomnice	1:6	Limity
RAS	[mg.l ⁻¹]	123	901	233	
pH		7,1	3,83	6,55	6-8
nerozpuštěné látky	[mg.l ⁻¹]	7,9	96	27	30
rozpuštěné látky	[mg.l ⁻¹]	223	1034	316	1000
CHSKCr	[mg.l ⁻¹]	11	9,5	15	35
sírany	[mg.l ⁻¹]	49	683	122	300
chloridy	[mg.l ⁻¹]	43,5	27,8	40	250
fosfor celkový	[mg.l ⁻¹]	0,08	0,1	0,07	0,2
železo celkové	[mg.l ⁻¹]	0,55	62,5	8,81	2
mangan celkový	[mg.l ⁻¹]	0,14	2,72	0,5	0,5

Vzhledem k tomu, že všechny sledované parametry laboratorních měření, kromě železa, byly v limitu, byly z úsporných důvodů dalších laboratorních měření zaměřena pouze na zjišťování koncentrace celkového železa ve smíchaných vzorcích vod. Míchání byly zvoleno v poměrech 1 : 8, 1 : 10, 1:12 a 1 : 16 vody z řeky Ohře a důlní vody.

Tabulka 11 Chemické složení směsných vzorků vod 1: 8

parametr	jednotka	Ohře	Rafanda Lomnice	1:8	Limity
železo celkové	[mg.l ⁻¹]	0,55	62,5	5,62	2

Tabulka 12 Chemické složení směsných vzorků vod 1: 10

parametr	jednotka	Ohře	Rafanda Lomnice	1:10	Limity
železo celkové	[mg.l ⁻¹]	0,55	62,5	4,8	2

Tabulka 13 Chemické složení směsných vzorků vod 1: 12

parametr	jednotka	Ohře	Rafanda Lomnice	1:12	Limity
železo celkové	[mg.l ⁻¹]	0,55	62,5	3,9	2

Tabulka 14 Chemické složení směsných vzorků vod 1: 16

parametr	jednotka	Ohře	Rafanda Lomnice	1:16	Limity
železo celkové	[mg.l ⁻¹]	0,55	62,5	1,98	2

Z tabulek č. 11, 12 a 13, je patrné, že v poměrech míchání 1:8, 1:10, 1:12 je stále překročen limit železa.

Teprve u vzorku, který byl namíchán v poměru 1: 16 se podařilo limit železa dodržet.

Železo přítomné ve vodách způsobuje především technické závady tím, že materiály, se kterými přichází do styku zbarvuje žlutě až hnědě. Z hygienického hlediska ovlivňuje negativně organoleptické vlastnosti vody, a to barvu, chuť a zákal. Negativně ovlivňovat chuť vody a způsobovat její zákal mohou již koncentrace železa asi nad 0,5 mg l⁻¹. I malé koncentrace železa ve vodě mohou být příčinou nadměrného rozvoje železitých bakterií a při jejich odumírání voda zapáchá [9].

7. Závěr

Závěrem lze konstatovat, že roční čerpání důlních vod z lomu Medard - Libík se pohybovalo na úrovni cca 6,5 milionů m^3 za rok. S ukončením čerpání důlních vod ze zbytkové jámy se se stoupajícím vodním sloupcem bude tento objem snižovat. Současně se bude měnit i jejich kvalita (růst pH po zaplavení podzemních kolektorů). Dostatečný objem důlních vod tedy nateče do zbytkové jámy za dobu cca 5 - 6 let. Pokud se využijí další zdroje důlních vod z ČS Lomnice a ČS Rafanda, jejichž roční objem se pohybuje na úrovni cca 4,5 - 5 milionů m^3 za rok, lze dostatečnou zásobu důlních vod vytvořit rychleji. To by současně díky rychlejšímu plnění omezilo i abrazi svahů jezera. Po určitou dobu je tedy vhodné objem důlních vod z vlastní zbytkové jámy navýšit využitím veškerého objemu vod z dalších zdrojů.

Na základě existujících podkladů o kvalitě vody z jednotlivých zdrojů by měl být poměr vody z řeky Ohře a důlních vod míchán minimálně v poměru 1:16. V tomto poměru jsou dodrženy všechny limity dle nařízení vlády č. 229/2007 Sb., příloha č.3.

Z tohoto důvodu by přicházelo v úvahu postupnější a pomalejší napouštění jezera s tím, že by se více vody z řeky Ohře přivádělo v jarních a zimních měsících, kdy je rozvoj sinic menší. V letních měsících by se naopak čerpaly důlní vody. Při pomalejším napouštění a postupném mísení uvedených vod by postupně docházelo k vyrovnávání všech sledovaných parametrů. Dalším způsobem je samočisticí schopnost jezera vzhledem k jeho velké hloubce (cca 50 m). V budoucnu pak postupné nasazení většího množství vodních živočichů, kteří se na samočištění vod budou podílet.

8. Seznam použité literatury

- [1] GRMELA, A. Problematika důlních vod a ochrana kvality povrchových vod při jejich vypouštění, Sborník vědeckých prací VŠB-TUO c. 3, VŠB-TU Ostrava, 1999, 110 s., ISBN 80 – 7078 – 762 – 7.
- [2] <http://slon.diamo.cz/> GRMELA, A.; BLAŽKO, A. Důlní vody a jejich začlenění v legislativě České republiky, VŠB-TU Ostrava 2004
- [3] ČSN 75 7221 „Klasifikace jakosti povrchových vod“
- [4] Nařízení vlády ČR č. 229/2007 Sb. „Ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod“.
- [5] PITTER, P. Hydrochemie. 4. aktualizované vyd. Praha: VŠCHT Praha, 1999. 592 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [6] HEVIÁNKOVÁ, S.; BESTOVÁ, I.; ZECHNER, M. Možnosti úpravy důlní vody na ÚDV Svatava, Sokolov, Hnědé uhlí, 2009, v tisku
- [7] HLAVÍNEK, P.; MALÝ, J. Čištění průmyslových odpadních vod. Brno, NOEL 2000 s.r.o., 1996, 255 s., ISBN 80-86020-05-3.
- [8] <http://ekologie.upol.cz/> RICHTER, M. Technologie ochrany životního prostředí, Ústí nad Labem, 2002, 45 s.
- [9] PITTER, P.: Hydrochemie. Praha: SNTL, 1990, 565s. ISBN 80-03-00525-6.
- [10] MALÝ, J.: Chemie a technologie vody. Brno: NOEL 2000 s. r. o., 2000, 200 s., ISBN 80 – 86020 – 13 – 4.
- [11] STRNADOVÁ, N.; JANDA, V.: Technologie vody I. Praha: VŠCHT, 1995, 274 s., ISBN 95 – 152 – 20/95
- [12] Zákon č. 254 / 2001 Sb. Parlamentu ČR o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)
- [13] KITTNER, Z.: Technologie vody. Brno: ediční středisko VUT, 1981, 107 s. ISBN 55 – 585 – 81
- [14] HLAVÍNEK, P.; MALÝ, J. Čištění průmyslových odpadních vod. Brno, NOEL 2000 s.r.o., 1996, 255 s., ISBN 80-86020-05-3.
- [15] Dynamika oxidačně-redukčních reakcí železa a sekvenční vznik nerozpustných hydroxidů [online]. http://is.muni.cz/th/53429/prif_m/komplet.txt
- [16] PITTER, Pavel. Hydrochemie. 3. přepracované vyd. Praha: VŠCHT Praha, 1999. 568 s. ISBN 80-7080-340-1.

- [17] MARTOŇ, Jozef aj. Získavanie, úprava, čistenie a ochrana vôd. 2. doplnené vyd. Bratislava: ALFA Bratislava, 1991. 648 s. ISBN 80-05-00830-9.
- [18] Marián Diviš, Monitorování vod text pro obor Průmyslová ekologie, SPŠ Karviná, prosinec 2005
- [19] VIDLÁŘ, J; SCHEJBAL, C. Důlní vody s nadlimitním obsahem síranů a možnosti jejich čištění. In Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava, Řada hornicko – geologická, ročník 45, č.3, 1999. s. 1-14.
- [20] DOHÁNOYS, M. Čištění odpadních vod. 2. vyd. VŠCHT Praha, 1998. ISBN 80-7080-207-9.
- [21] PITTER, Pavel aj.: Laboratorní metody v technologii vody. Praha: SNTL, 1983. 304 s. ISBN 04 – 618 – 83
- [22] MARTOŇ, J. a kol. Získavanie, úprava, čistenie a ochrana vod. 2. vyd. Bratislava: ALFA, 1991. 647 s. ISBN 80-05-00830-9.
- [3] DOHÁNOYS, M. Čištění odpadních vod. 2. vyd. VŠCHT Praha, 1998. ISBN 80-7080-207-9.

WWW.SUAS.CZ

9. Seznam obrázků

OBRÁZEK 1	Situační mapa.....	37
OBRÁZEK 2	Napouštěcí místo Ohře.....	38
OBRÁZEK 3	Čerpací stanice Rafanda.....	39
OBRÁZEK 4	Čerpací stanice Lomnice.....	39

10. Seznam tabulek

TABULKA 1 Mezní koncentrace síranů v povrchových vodách. [20]	23
TABULKA 2 Emisní a hmotnostní limity	31
TABULKA 3 Množství přiváděných důlních vod z jednotlivých lokalit v m ³	40
TABULKA 4 Procentuelní zastoupení jednotlivých důlních vod v celkovém objemu.....	40
TABULKA 5 Složení důlních vod ČS Lomnice a ČS Rafanda	41
TABULKA 6 Složení důlní vody po smíchání v daném poměru	41
TABULKA 7 Složení vody z řeky Ohře v místě napouštěcího místa	41
TABULKA 8 Chemické složení jednotlivých vzorků vod.....	42
TABULKA 9 Chemické složení směsných vzorků vod 1:4.....	44
TABULKA 10 Chemické složení směsných vzorků vod 1: 6.....	45
TABULKA 11 Chemické složení směsných vzorků vod 1: 8.....	45
TABULKA 12 Chemické složení směsných vzorků vod 1: 10.....	45
TABULKA 13 Chemické složení směsných vzorků vod 1: 12.....	45
TABULKA 14 Chemické složení směsných vzorků vod 1: 16.....	46

Přílohy

Příloha č. 1

Třídy jakosti vody a jejich mezní hodnoty - výpis z ČSN 757221

Ukazatel	Jednotka	Třída				
		1	2	3	4	5
A. Ukazatele kyslíkového režimu						
Rozpuštěný kyslík	mg.l ⁻¹	>7	>6	>5	>3	<3
Biochemická spotřeba kyslíku	mg.l ⁻¹	<2	<5	<10	<15	>15
Chemická spotřeba kyslíku - Mn	mg.l ⁻¹	<5	<10	<15	<25	>25
Chemická spotřeba kyslíku - Cr	mg.l ⁻¹	<15	<25	<35	<55	>55
Organický uhlík	mg.l ⁻¹	<5	<8	<11	<17	>17
Sulfan a sulfidy	mg.l ⁻¹	*	*	*	<0,02	>0,02
B. Chemické ukazatele – základní						
Reakce vody, pH		6,0-8,5	6,0-8,5	6,0-8,5	5,5-9,0	<5,5;>9,0
Teplota vody	°C	<22	<23	<24	<26	>26
Rozpuštěné látky	mg.l ⁻¹	<300	<500	<800	<1 200	>1 200
Vodivost	mS.m ⁻¹	<40	<70	<110	<160	>160
Nerozpustné látky	mg.l ⁻¹	<20	<40	<60	<100	>100
Veškeré železo	mg.l ⁻¹	<0,5	<1,0	<2,0	<3,0	>3,0
Veškerý mangan	mg.l ⁻¹	<0,05	<0,1	<0,3	<0,8	>0,8
Amoniakální dusík (a)	mg.l ⁻¹	<0,3	<0,5	<1,5	<5,0	>5,0
Dusitanový dusík (b)	mg.l ⁻¹	<0,002	<0,005	<0,02	<0,05	>0,05
Dusičnanový dusík (c)	mg.l ⁻¹	<1,0	<3,4	<7,0	<11	>11
(a) - přepočet pro amoniak	mg.l ⁻¹	<0,39	<0,64	<1,9	<6,4	>6,4
(b) - přepočet pro dusitany	mg.l ⁻¹	<0,007	<0,016	<0,066	<0,164	>0,164
(c) - přepočet pro dusičnany	mg.l ⁻¹	<4,43	<15,1	<31,0	<48,7	>48,7
Organický dusík	mg.l ⁻¹	<0,5	<1,0	<2,5	<3,5	>3,5
Veškerý fosfor	mg.l ⁻¹	<0,03	<0,15	<0,4	<1,0	>1,0
C. Chemické ukazatele – doplňující						
Chloridy	mg.l ⁻¹	<50	<200	<300	<400	>400
Síraný	mg.l ⁻¹	<80	<150	<250	<300	>300
Vápník	mg.l ⁻¹	<75	<150	<200	<300	>300
Hořčík	mg.l ⁻¹	<25	<50	<100	<200	>200

Absorbance	mg.l⁻¹	<0,15	<0,25	<0,35	<0,55	>0,55
Fluoridy	mg.l⁻¹	<0,2	<0,5	<1,0	<1,5	>1,5
Fenoly těkavé	mg.l⁻¹	<0,002	<0,01	<0,02	<0,5	>0,5
Tenzidy	mg.l⁻¹	*	<0,5	<1,0	<2,0	>2,0
Nepolární extrahovatelné látky	mg.l⁻¹	*	<0,05	<0,1	<0,3	>0,3
Veškeré kyanidy	mg.l⁻¹	*	*	<0,2	<0,5	>0,5
Aktivní chlor	mg.l⁻¹	*	*	*	<0,05	>0,05
Extrahovaný organický chlor	mg.l⁻¹	<5	<10	<20	<30	>30
D. Těžké kovy						
Rtuť	mg.l⁻¹	<0,1	<0,2	<0,5	<1,0	>1,0
Kadmium	mg.l⁻¹	<3	<5	<10	<20	>20
Olovo	mg.l⁻¹	<10	<20	<50	<100	>100
Arzen	mg.l⁻¹	<10	<20	<50	<100	>100
Měď	mg.l⁻¹	<20	<50	<100	<200	>200
Veškerý chrom	mg.l⁻¹	<20	<100	<200	<500	>500
Chrom (VI)	mg.l⁻¹	*	<10	<20	<50	>50
Kobalt	mg.l⁻¹	<10	<20	<50	<100	>100
Nikl	mg.l⁻¹	<20	<50	<100	<200	>200
Zinek	mg.l⁻¹	<20	<50	<100	<500	>500
Vanad	mg.l⁻¹	<10	<20	<50	<100	>100
Stříbro	mg.l⁻¹	*	<10	<20	<50	>50
E. Biologické a mikrobiologické ukazatele						
Saprobní index		<1,2	<2,2	<3,2	<3,7	>3,7
Psychrofilní bakterie	KTJ.1ml⁻¹	<500	<1 000	<5 000	<104	>104
Koliformní bakterie	KTJ.1ml⁻¹	<1	<10	<100	<1 000	>1 000
Fekální koliformní bakterie	KTJ.1ml⁻¹	<0,2	<2	<20	<200	>200
Enterokoky	KTJ.1ml⁻¹	<0,1	<1	<10	<100	>100
F. Ukazatele radioaktivity						
Aktivita alfa	mBq.l⁻¹	<50	<100	<500	<2 500	>2 500
Aktivita beta	mBq.l⁻¹	<200	<500	<1 000	<2 500	>2 500
Radium 226	mBq.l⁻¹	<20	<50	<120	<500	>500
Uran	mg.l⁻¹	<5	<20	<50	<100	>100
Tritium	Bq.l⁻¹	<10	<100	<1 000	<5 000	>5 000

Příloha č. 2

- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, § 6.
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, § 34.
- Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, §§ 26, 27.
- Nařízení vlády č. 262/2007 Sb., o vyhlášení závazné části Plánu hlavních povodí České republiky.
- Vyhláška MMR č. 369/2001 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace, ve znění vyhlášky č. 492/2006 Sb.
- Vyhláška MZd č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, ve znění vyhlášky č. 292/2006 Sb.
- Vyhláška č. 391/2004 Sb. o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy.
- Vyhláška č. 159/2003 Sb., kterou se stanoví povrchové vody využívané ke koupání osob, ve znění pozdějších předpisů, kterou se stanoví povrchové vody využívané ke koupání osob se změnami 168/2006 Sb. a 152/2008 Sb.

Evropské předpisy

- Směrnice 76/160/EHS o řízení jakosti vod ke koupání

Související předpisy

- ČSN ISO 5667 Jakost vod - Odběr vzorků, část 4 Pokyny pro odběr vzorků z vodních nádrží a část 6 Pokyny pro odběr vzorků z řek a potoků, 02/1994.
- ČSN 75 7221 Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod, 10/1998.

Příloha č. 3

Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství, ze dne 19. dubna 1988,

§ 40 ve znění zákona České národní rady č. 541/1991 Sb., zákona České národní rady č. 10/1993 Sb., zákona č. 168/1993 Sb., zákona č. 132/2000 Sb., zákona č. 258/2000 Sb., zákona č. 366/2000 Sb., zákona č. 315/2001 Sb., zákona č. 61/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb. a zákon č. 150/2003 Sb.

Zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění

§ 3 zákona č. 425/1990 Sb., zákona č. 542/1991 Sb., zákona č. 169/1993 Sb., zákona č. 128/1999 Sb., zákona č. 71/2000 Sb., zákona č. 124/2000 Sb., zákona č. 315 Sb., zákona č. 206/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb., zákona č. 150/2003 Sb. zákona č. 226/2003 Sb. a zákona č. 227/2003 Sb.

Vyhláška ČBÚ č. 104/1988 Sb., o racionálním využívání výhradních ložisek, o povolování a

Přílohy č.1 až 3,6 ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem, ve znění vyhlášky č. 173/1992 Sb., vyhlášky č. 340/1992 Sb., vyhlášky č. 99/1995 Sb. a vyhlášky č. 341/2001 Sb.

Vyhláška č. 52/1997 Sb., kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany

Příloha č. 1, bod 9 zdraví při práci a bezpečnosti provozu při likvidaci hlavních důlních děl, ve znění vyhlášky č. 32/2000 Sb.

Vyhláška ČBÚ č. 99/1992 Sb., o zřizování, provozu, zajištění a likvidaci zařízení pro ukládání

§ 5, §6 odpadů v podzemních prostorech.

Vyhláška č. 239/1998 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při

§ 1 těžbě a úpravě ropy a zemního plynu a při vrtných a geofyzikálních pracích a o změně některých předpisů k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, ve znění vyhlášky č. 360/2001 Sb.

Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 Sb., ze dne 29. prosince 1988, o bezpečnosti a ochraně zdraví při

§ 196-197 práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti

§ 212-213 prováděné hornickým způsobem v podzemí, ve znění vyhlášky č. 477/1991 Sb., vyhlášky č. 340/1992 Sb., vyhlášky č. 3/1994 Sb., vyhlášky č. 541/1996 Sb., vyhlášky č. 109/1998 Sb., vyhlášky č. 434/2000 Sb. a vyhlášky č. 330/2002 Sb.

Vyhláška č. 26/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při

§1, §59 hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu, ve znění vyhlášky č. 340/1992 Sb., vyhlášky č. 8/1994 Sb., vyhlášky č. 236/1998 Sb. a vyhlášky č. 434/2000 Sb.

Vyhláška č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a při některých činnostech prováděných hornickým způsobem, ve znění vyhlášky č. 158/1997 Sb.

Vyhláška č. 215/1997 Sb., o kritériích pro umíst'ování jaderných zařízení a velmi

§4 významných zdrojů ionizujícího záření.

Zákon č. 254/2001 Sb., kterým se mění zákon č. 200/1990 Sb., ve znění pozdějších úprav, ze

§ 4, § 21-22 dne 28. června 2001 (vodní zákon)

§39, § 116, § 118

§ 127, §129

Vyhláška MZem. č. 431/2001 Sb., ze dne 3. prosince 2001, o obsahu vodní bilance, způsobu

§ 3, § 5, § 10 jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci

Vyhláška č. 139/2003 Sb., o evidenci stavu povrchových a podzemních vod a způsobu
§ 1, § 4 ukládání údajů do informačního systému veřejné správy.

Vyhláška č. 7/2003 Sb., o vodoprávní evidenci.

Nářízení vlády č. 61/2003 Sb., ze dne 29. ledna 2003, o ukazatelích a hodnotách
přípustného

§ 4, § 9 znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení
k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o
citlivých oblastech.

Vyhláška č. 428/2001 Sb. K provedení zákona o vodovodech a kanalizacích

Vyhláška 135/2004 Sb. , kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny
a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch

A její novelizace **292/2006 Sb.**